



## Introdução

Os termos “manufatura avançada” ou “indústria 4.0” têm sido muito mencionados nos últimos anos, porém, no Brasil e no mundo, referem-se a tema ainda incipiente. O assunto está diretamente ligado às discussões sobre como será o futuro da manufatura – por exemplo, se será integralmente digital; flexível em seus processos de produção; com produtos customizados de acordo com as preferências dos consumidores; novos modelos de negócios; etc. – e vem sendo objeto de ações relevantes de política industrial nas nações desenvolvidas, notadamente Estados Unidos da América (EUA) e Alemanha, com o objetivo de garantir a liderança tecnológica mundial.

Com o intuito de trazer essa discussão para o BNDES, seu Departamento de Bens de Capital, Mobilidade e Defesa organizou um seminário com a participação de membros da academia, de instituições tecnológicas e de empresas. Basicamente, o evento foi dividido em quatro mesas de debate: nas duas primeiras, foram abordados aspectos mais conceituais, com o intuito de introduzir o tema; nas duas seguintes, foram apresentadas iniciativas para o desenvolvimento e a implantação da manufatura avançada no Brasil.

Na primeira mesa, discutiu-se a importância da adoção de política industrial e de inovação em um momento em que esse tipo de iniciativa novamente ganha força nas nações desenvolvidas. O foco era mostrar a influência exercida pela política industrial para que o país seja capaz de criar novos segmentos e formas de produzir, tendo a inovação um papel central no alcance desses objetivos. Ressalte-se que políticas dessa natureza revelam o caráter não espontâneo e dependente de estímulos públicos para que o avanço tecnológico ocorra.

Na segunda mesa, foram abordadas as experiências existentes em manufatura avançada. A partir disso, pôde-se contextualizar o conceito de manufatura avançada/indústria 4.0 e obter uma sistematização e descrição das principais experiências internacionais e ações no tema. Além disso, buscou-se uma reflexão crítica a respeito de sua aclamação como a “4ª Revolução Industrial” e enfatizou-se o caráter transversal das diversas tecnologias habilitadoras – em especial, enfatizando a integração de tecnologias já existentes.

Na terceira mesa, os institutos de ciência e tecnologia (ICT) abordaram sua infraestrutura e alguns dos projetos em andamento, bem como o que consideram que deveria ser feito para que o Brasil consiga desenvolver uma “manufatura avançada”. Para seu desenvolvimento, é particularmente relevante a estruturação de uma robusta infraestrutura, que seja capaz de impulsionar o domínio de tecnologias habilitadoras e que dê suporte à formação/reforço de *industrial commons*.<sup>1</sup> Assim, discutiu-se a infraestrutura de inovação disponível para apoio às atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I) no Brasil, bem como os esforços para desenvolvimento de tecnologias habilitadoras no país.

Na quarta mesa, algumas empresas foram convidadas para comentar desenvolvimentos e aplicações relativos ao tema, visto que, ainda que muitas tecnologias habilitadoras tenham um alcance transversal, as oportunidades podem ser maiores ou menores a depender do setor.

É importante notar que praticamente não há experiência de desenvolvimento econômico que não passe pelo fortalecimento do tecido

---

<sup>1</sup> O termo traça paralelo com a “tragédia dos comuns”. Na “tragédia dos comuns”, agentes individuais, agindo em seu próprio interesse, podem se comportar de forma contrária aos interesses de longo prazo de um grupo maior. A indústria também tem seus “commons”, que podem incluir o *know-how* relacionado a pesquisa e desenvolvimento, engenharia e competências relacionadas às tecnologias específicas.

industrial. Por isso, o apoio ao fortalecimento da indústria está, historicamente, entre as mais relevantes preocupações do BNDES. Aliás, foi essa uma das *raisons d'être* para a criação do BNDES, que participou ativamente da formação da indústria de base, da indústria de bens de capital e dos segmentos *high-tech*, como o de tecnologia da informação e de comunicação (TIC) e o de fármacos.

“Preocupação” parece um termo adequado, pois a dinâmica recente da indústria brasileira (mas também de economias desenvolvidas) mostra perdas quantitativas e qualitativas. A indústria vem perdendo participação relativa no produto interno bruto (PIB), ao mesmo tempo que nosso parque industrial sofre para alcançar níveis mais elevados de produtividade e perfil tecnológico que possam dar maior competitividade ao sistema econômico brasileiro.

Foram essas as questões que pautaram as estratégias dos EUA e da Alemanha. No entanto, vários são os países que vêm empreendendo políticas de realocização ou consolidação de sua posição industrial, em um contexto de acirramento da competição global. China, Japão, Coreia do Sul, Reino Unido e Austrália são exemplos de países que também participam desse movimento.

As iniciativas dos diversos países congregam diretrizes gerais e elaboram projetos específicos – com viés *mission-oriented* – com vistas a endereçar desafios previamente definidos por cada país, valendo-se do desenvolvimento de tecnologias habilitadoras.

Assim, é fato que o tema política industrial mais uma vez retornou ao cerne do debate, especialmente nos mais importantes países industriais. Nesse contexto, o Brasil precisa empreender esforços para tornar sua base produtiva industrial mais complexa e diversificada para que alcance um posicionamento mais competitivo nos merca-

dos mundiais. Se, por um lado, países como o Brasil não partem do mesmo patamar que os países desenvolvidos, por outro, não deixa de ser verdade que a discussão sobre manufatura avançada é incipiente no mundo e, portanto, trata-se de uma corrida apenas iniciada.

Nunca é demais lembrar que a indústria é um setor extremamente valioso e diferenciado, seja por sua importância para o crescimento econômico, da produtividade e do emprego qualificado, seja por sua capacidade de gerar demanda por serviços de alta produtividade (fortemente ligados a ela). Além disso, existem sinergias que são potencializadas pela proximidade entre atividades de “chão de fábrica” e de engenharia. É possível argumentar que o processo de desenvolvimento tecnológico e de inovação está associado ao processo de produção, e a proximidade das equipes de desenvolvimento em relação ao “chão de fábrica” é relevante para o processo inovativo. Dessa forma, a indústria continua, obrigatoriamente, exercendo papel crucial como motor do crescimento econômico.

Como fazer o Brasil mudar seu portfólio rumo a produtos de maior valor agregado? Ao contrário do que virou senso comum, a discussão não deve ser reduzida apenas a “como se produz”. Ao se levar em conta que alguns setores/atividades são naturalmente mais produtivos que outros, pode-se concluir que o “*que se produz*” é vital para explicar os diferenciais de produtividade. Portanto, em última instância, é sua inserção produtiva que determinará primordialmente seu nível de produtividade.

O seminário mostrou que as experiências e os avanços tecnológicos esperados são dependentes de *drivers* para criar demanda para determinados setores – seja via compras governamentais, diretamente, ou por meio do estabelecimento de desafios (*mission-oriented*). Só assim, por meio da incorporação em setores, as tecnologias habilitadoras ganham concretude. Isso é especialmente relevante se o país desejar ser produtor de novas tecnologias e não somente adotá-las.

Dessa maneira, considerando que as experiências discutidas reúnem ao menos três elementos-chave – *drivers* de demanda, desenvolvimento de tecnologias habilitadoras e base empresarial local e robusta –, pode-se refletir sobre a implantação de iniciativas nesse estilo para o Brasil. Portanto, em que pese a complexidade do desafio, são três os grandes blocos de perguntas a serem feitas (e aqui podem-se apontar também alguns caminhos de resposta):

- Quais seriam os desafios ou projetos estruturantes que poderiam ancorar uma iniciativa brasileira? Aqui podem-se ressaltar os exemplos de óleo e gás (O&G), saúde, energias renováveis, aeroespacial e defesa e agricultura. Tais exemplos não se encerram, necessariamente, em si mesmos; desenvolvimentos no setor aeroespacial podem gerar aplicações laterais em energias renováveis, por exemplo.
- O&G: valorizar o potencial do pré-sal que fornece oportunidade rara para o país alcançar posição de vanguarda no uso de novas tecnologias. Trata-se de setor com altas perspectivas de investimento e cuja infraestrutura laboratorial encontra-se avançada (por exemplo: a cláusula de P&D da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)<sup>2</sup> representa mais de R\$ 1 bilhão de aporte/ano e já há infraestrutura montada; faltam projetos estruturantes).

---

<sup>2</sup> Nos contratos de concessão, a cláusula de P,D&I estabelece que os concessionários devem realizar despesas qualificadas como pesquisa e desenvolvimento em valor correspondente a 1% da receita bruta da produção dos campos que pagam participação especial. Nos contratos de partilha de produção e de cessão onerosa, o valor da obrigação corresponde a, respectivamente, 1% e 0,5% da receita bruta anual dos campos pertencentes aos blocos detalhados e delimitados nos respectivos contratos. Para mais detalhes, ver <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao/investimentos-em-p-d-i>>.

- Energias renováveis: aqui, o contexto geral é de existência de investimentos expressivos e de longo prazo via leilões de energia. Importante identificar rotas tecnológicas alternativas para melhoria da eficiência na produção de energia, adequadas às condições locais do país (por exemplo: aerogeradores adaptados às condições de vento brasileiras; painéis solares com materiais alternativos como o grafeno e Oled; energia das marés; etc.). Há recursos via cláusula de P&D da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel)<sup>3</sup> e existe uma institucionalidade capacitada para tratar desses assuntos, envolvendo Ministério de Minas e Energia (MME), Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Aneel, BNDES e Finep.
- Saúde: as políticas de compras públicas do Sistema Único de Saúde (SUS), já construídas, e as tecnologias associadas à manufatura podem ser úteis para a melhoria dos serviços de saúde e para a fabricação de medicamentos. Há diversas iniciativas nesse sentido, inclusive privadas.
- Aeroespacial e defesa: aproveitar os projetos estruturantes do setor para estimular e gerar *spillovers* para outros segmentos. É possível mencionar especificamente a família de caças Gripen adquiridos no âmbito do programa FX-2, em que está previsto acordo de transferência de tecnologia e desenvolvimento local de um conjunto de caças. O setor de defesa caracteriza-se pelo desenvolvimento de tecnologias duais, potencializando o efeito multiplicador da inovação.

---

3 No setor de energia elétrica, há um arcabouço similar ao mencionado para o setor de óleo e gás no item anterior. Para mais informações acerca do Programa de P&D da Aneel, ver <<http://www.aneel.gov.br/programa-de-p-d>>.

- Agro: trata-se de setor tradicionalmente competitivo em que o Brasil tem desenvolvimento em toda a cadeia produtiva e uma base industrial constituída. Existem oportunidades, sobretudo, na agricultura de precisão e georreferenciada.
- Associada aos desafios, tem-se uma infraestrutura de ICTs com pesquisas relacionadas a diversas tecnologias habilitadoras. Trata-se de promover o uso de tecnologias habilitadoras (automação, manufatura híbrida, materiais avançados etc.) em projetos estruturantes.
- Por fim, deve-se pensar em como utilizar a base industrial já existente no Brasil, historicamente constituída por grandes empresas multinacionais (que participam das iniciativas em manufatura avançada em seus países de origem), poucas grandes empresas de capital nacional e uma rede pulverizada de empresas de menor porte, em contraste com a Alemanha, por exemplo, que, além de seus grandes conglomerados, possui uma densa rede de grandes empresas e empresas de médio porte (os *hidden champions* do *mittelstand*).

Um quarto elemento é o emprego, tema que tem sido raramente abordado. Diversos relatórios de consultorias destacam os benefícios advindos das novas tecnologias em matéria de produtividade e de emprego – diz-se que as novas técnicas produtivas trarão mais automatização e requererão trabalhadores mais qualificados, absorvendo rapidamente aqueles que vierem a perder seus empregos. Se o futuro assim provar, tanto melhor; mas, por ora, essa é certamente uma questão que merece ser debatida e que deve ser considerada na elaboração de políticas públicas. Em geral, prevalece uma visão mais “otimista”, muito embora haja uma longa controvérsia na literatura econômica a respeito da relação entre tecnologia e



emprego. Essa questão é enfatizada desde Ricardo.<sup>4</sup> Alguns contrapontos atuais à visão predominante podem ser encontrados em De Weck *et al.* (2013)<sup>5</sup> e, especialmente, em Frey e Osborne (2013),<sup>6</sup> que aponta para um potencial de geração de desemprego.

É preciso uma estratégia de desenvolvimento para a indústria. Nunca é demais reforçar que o desenvolvimento industrial não se dará de forma espontânea – especialmente no momento atual de acirrada competição global em que diversos países formulam e implementam suas novas estratégias. Desse modo, a inserção brasileira no tema deve ser pensada a partir desse contexto e da estratégia desejada pelo país.

A presente comunicação está estruturada em cinco seções, além desta introdução. Na próxima seção, encontra-se um resumo do conteúdo abordado pelos palestrantes na abertura do evento. Nas quatro seções subsequentes – referentes a cada uma das mesas –, constam as principais ideias expostas pelos palestrantes, no formato de tópicos, visando preservar o sentido original das apresentações.

## Abertura

A abertura do seminário foi conduzida por Maria Sílvia Bastos Marques, presidente do BNDES. Maria Sílvia contextualizou o Seminário BNDES de Manufatura Avançada como o segundo promovido pelo

---

4 RICARDO, D. On the principles of political economy and taxation. 1817. In: SRAFFA, P. (ed.). *Works and correspondence of David Ricardo*, v. I. Cambridge University Press, 1951.

5 DE WECK, O. *et al.* Trends in advanced manufacturing technology innovation. In: LOCKE, R.; WELLHAUSEN, R. (orgs.). *Production in the innovation economy*. Massachusetts Institute of Technology (MIT), 2013.

6 FREY, C. B.; OSBORNE, M. A. *The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?* Oxford University Programme on the Impacts of Future Technology, 2013.

BNDES no período recente, denotando a importância conferida pelo Banco à indústria.<sup>7</sup>

Segundo Maria Silvia, o BNDES é um indutor do crescimento econômico e é importante pensar não apenas na atuação de curto prazo, mas especialmente no médio e longo prazo. Como objetivo do seminário, foi apontada a discussão sobre de que forma uma política pública pode apoiar o desenvolvimento desse tema no Brasil. Ela também observou que se deve buscar entender como uma política pública, coordenada em conjunto com a iniciativa privada, pode ajudar a desenhar incentivos que favoreçam o avanço do tema.

Em sua fala, levantou algumas questões: como estimular a infraestrutura de inovação necessária para as atividades de P,D&I? Como a cadeia de fornecedores vai suportar o movimento de crescimento? Ainda segundo Maria Silvia, sua expectativa em relação ao seminário era obter insumos que contribuíssem para a definição de um plano de ação.

Cláudia Prates, diretora da Área de Indústria e Serviço (AI) e da Área de Indústrias de Base (AIB) do BNDES, complementou a fala de Maria Silvia, chamando os presentes para discutir, obter um plano de ação e refletir sobre como o BNDES pode atuar. Alertou, ainda, que o BNDES vem refletindo sobre o assunto há algum tempo e que contratou um estudo sobre a internet das coisas, que se relaciona com o tema.<sup>8</sup>

Marcos Vinícius de Souza, secretário de inovação do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), trouxe em seguida

---

<sup>7</sup> Em 14 de outubro de 2016, foi realizado um seminário denominado “Indústria brasileira: desafio de políticas para o aumento da competitividade”.

<sup>8</sup> O estudo ocorre no âmbito do Fundo de Estruturação de Projetos (BNDES FEP) e será realizado pelo consórcio formado pela McKinsey & Company, pela Fundação CPqD e pelo escritório Pereira Neto | Macedo Advogados.

uma visão geral do ministério sobre o tema e um histórico de seu tratamento. No Governo Federal, esse tema surgiu inicialmente em 2013-2014 no âmbito do projeto Plataformas do Conhecimento por sugestão do então presidente da Finep, Glauco Arbix. Posteriormente passou a ser objeto de estudo por parte de grupo de trabalho específico do governo brasileiro.

Atualmente a iniciativa é coordenada pelo MDIC em conjunto com o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e conta com a participação de BNDES, Finep, Confederação Nacional da Indústria (CNI), entre outros. O primeiro passo imaginado foi buscar entender (internamente no MDIC) do que se tratava esse tema e com quais outros países o Brasil está competindo. Em paralelo, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) contratou um estudo a fim de obter a percepção de quais são os principais competidores relevantes nessa iniciativa e o que cada um está fazendo em seu país (tendo por premissa que a motivação principal dos países avançados é trazer de volta sua indústria perdida).

Como parte dessa primeira etapa, e visando entender como o Brasil está inserido, ao longo de 2015 e 2016, foram realizados diversos *workshops* congregando mais de 350 especialistas. Segundo Marcos Vinícius, pode-se dizer que esses *workshops* chamaram menos atenção pela profundidade com que tratou os temas e mais pela diversidade de possíveis preocupações e temas abordados – as diversas regiões do país, seus diferentes setores, os diferentes tamanhos de empresas levam a diferentes visões. Assim, a ação pode servir para fornecer um “mapa” da manufatura avançada no país.

Marcos Vinícius ainda anunciou que em 29 de novembro de 2016 (dia seguinte ao seminário em comento) seria realizado em Brasília o seminário “Perspectivas de especialistas brasileiros sobre oportunidades e

desafios para a manufatura avançada no Brasil” com o objetivo de lançar o relatório resultante do conjunto de *workshops* realizado até o momento.<sup>9</sup>

Por fim, enfatizou que o *que* os países avançados estão fazendo é razoavelmente similar em todos os países estudados; por outro lado, o *como* é a maior questão: como estão atacando o problema, como estão desenvolvendo suas políticas.

João Emílio Gonçalves, gerente executivo da Unidade de Políticas Industriais da CNI, enfatizou que, independentemente da denominação, está claro que se trata de iniciativas visando a reindustrialização.

João Emílio citou como exemplo a Alemanha, onde a indústria 4.0 é fundamental para sustentar a produtividade, ante o avanço de outros competidores, sobretudo asiáticos – cujas vantagens competitivas não se baseiam apenas em baixos custos salariais. O representante da CNI observou ainda que nos EUA as iniciativas estão no bojo da discussão sobre reindustrialização e que na Ásia o tema é visto como uma oportunidade de colocar o país no patamar das potências tradicionais.

Segundo João Emílio, a posição da CNI é a de que a transição para as novas formas de produção que caracterizam a indústria 4.0 será decisiva para a competitividade de muitos segmentos da indústria brasileira. A CNI vem empreendendo algumas ações: (i) Sondagem Especial Indústria 4.0;<sup>10</sup> e (ii) Desafios para a Indústria 4.0 no Brasil.<sup>11</sup> Ambos os

---

<sup>9</sup> Ver <<http://www.mdic.gov.br/component/content/article?id=2128>>, onde se pode acessar o relatório. Os temas prioritários podem ser agrupados em: tecnologias (quais seriam as tecnologias relevantes); setores (que setores teriam capacidade e estrutura de cadeia produtiva para absorver a manufatura avançada); recursos humanos (qual o tipo de trabalhador ou o tipo de engenheiro que será requerido pela indústria do futuro); infraestrutura tecnológica; e regulação.

<sup>10</sup> Ver <<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/publicacoes-e-estatisticas/estatisticas/2016/05/1,88118/sondesp-66-industria-4-0.html>>, onde se pode acessar o relatório.

<sup>11</sup> Ver <<http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes-e-estatisticas/publicacoes/2016/8/18,1174/desafios-para-industria-4-0-no-brasil.html>>, onde se pode acessar o relatório.

trabalhos destacam que, embora o tema esteja sendo mais difundido no setor privado, há muita falta de informação sobre o assunto.

Por fim, João Emílio destacou a importância da articulação institucional dos diferentes órgãos de Estado. Frisou que o Estado precisa organizar adequadamente seus atores, utilizando-se de uma estratégia integrada, e abrindo também a possibilidade de atuar por meio de diversos mecanismos: poder de compra do Estado, encomendas tecnológicas, subvenção, regulação setorial etc.

Por sua vez, Bernardo Gradin, representante da Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI) e presidente da GranBio, chamou a atenção para a complexidade inerente à coordenação de um grupo de trabalho sobre o tema. No entanto, em sua visão, o maior desafio é o “desafio da ignorância”: não se sabe ainda definir se o salto necessário para a manufatura avançada seria de fato um avanço tecnológico ou uma diferença de “modelo mental” industrial. Dessa forma, destacou que é preciso diagnosticar corretamente as necessidades brasileiras.

## Mesa 1: Política industrial e de inovação

Mariano Laplane – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)

- O tema pode ser colocado em uma perspectiva um pouco mais ampla, em relação a inovações disruptivas e o que isso significaria em matéria de política industrial. Obviamente, esse não é um tema novo, mas é algo crescente.

- O *McKinsey Global Institute Report*, de 2013, e outros relatórios citam diversas tecnologias do futuro – aquelas que teriam o poder de alterar radicalmente a maneira de produzir e de consumir. Há uma lista enorme de tecnologias potencialmente disruptivas.<sup>12</sup> No entanto, o mais importante é apenas enfatizar que a percepção de que há um conjunto de tecnologias disruptivas já é algo bem difundido. Assim, é essencial identificar os atores relevantes e avaliar o grau de engajamento na exploração dessas oportunidades tecnológicas percebidas.
- A respeito dos gastos mundiais em pesquisa e desenvolvimento (P&D), percebe-se que as disparidades são enormes quanto a volume, intensidade de P&D etc. Por exemplo, há grande concentração dos gastos em P&D em países como EUA (26%), China (19,1%), Japão (8,7%), Alemanha (5,7%) e Coreia do Sul (4%). Ou seja, apenas esses países respondem por 63,5% de P&D no mundo.
- Os gastos em P&D não são igualmente distribuídos entre as atividades econômicas e também há grande concentração em segmentos industriais. A título de exemplo, a participação da indústria no total de despesas em P&D na Alemanha é de 89%, 87,7% na Coreia, 87,1% no Japão e 84% na China.<sup>13</sup>
- Há enorme esforço por parte de alguns países de explorar as possibilidades tecnológicas percebidas na indústria. Ao se

---

<sup>12</sup> Em especial, as seguintes tecnologias listadas pela McKinsey têm relação muito próxima com a manufatura avançada: *automation of knowledge*; *internet of things*; *cloud technology*; *advanced robotics*; *3D printing*. Como segundo exemplo de relatório, o *Rapport de Innovation* de 2014 também cita algumas tecnologias.

<sup>13</sup> Fonte: National Science Foundation Science and Engineering Indicators, 2014.

tentar identificar o que determinados países estão procurando fazer na área de indústria, nota-se que a rede estadunidense National Network for Manufacturing Innovation talvez seja o projeto mais conhecido e ambicioso. Na Europa, há as plataformas tecnológicas europeias, o Fraunhofer alemão, o Catapult Programme do Reino Unido etc. Todas são iniciativas concretas, porém os esforços apresentam caráter exploratório e incipiente, visto que não são soluções tecnológicas simples e significam a digitalização da atividade industrial.

- Existem leituras mais otimistas e outras menos. Segundo uma pesquisa feita pela PwC,<sup>14</sup> diversos empresários identificam que hoje já há um grau de engajamento significativo nesse processo e que o impacto da digitalização nos próximos cinco anos será grande. Por outro lado, a consultoria Gartner cita que estamos em um momento de “pico de exagero” das expectativas sobre a indústria 4.0. Para a Gartner, nos próximos dez anos, os países ainda farão um esforço elevado de tentar tornar realidade algumas das coisas que a PwC já considera mais factível para os próximos cinco anos.
- Em relatórios como o da PwC, obtém-se um resumo do que seria um *blueprint* para a indústria 4.0, uma “receita de bolo” para uma empresa específica ser bem-sucedida em seu caminho rumo à digitalização.<sup>15</sup> Talvez seja mais simples construir um cardápio desse tipo para empresas isoladas, mas qual seria a estratégia, se pensarmos em matéria de país?

---

14 Ver <<https://www.pwc.com.br/pt/publicacoes/servicos/assets/consultoria-negocios/2016/pwc-industry-4-survey-16.pdf>>, onde se pode acessar o relatório.

15 Ver nota 14.

- O desenho de uma estratégia de política industrial para manufatura avançada no Brasil não pode prescindir da análise de algumas características estruturais de nossa indústria: heterogeneidade inter e intrasetorial (porte, tecnologia, competências etc.); empresas estrangeiras com presença significativa no Brasil (e cujos países de origem estão engajados com iniciativas no tema); temos razoável capacidade acumulada de recursos humanos e competência científica e tecnológica.
- Quanto à política industrial, já temos experiências que foram bastante ricas e com alguns esforços em inovação. Assim, a melhor maneira de explorar as oportunidades é levar em consideração o que aprendemos no período mais recente – e o BNDES é uma instituição em que várias dessas experiências recentes aconteceram.
- Iniciativas como o Paiss ensinaram a importância de se concatenarem todas as etapas do processo de desenvolvimento tecnológico, desde a pesquisa mais fundamental até a aplicação. Além disso, percebemos que a política industrial funciona melhor quando estabelecemos parcerias entre as instituições públicas e as empresas; é preciso cooperar. Aprendemos também que é necessário haver contrapartidas, que deve haver metas e que as metas devem ser verificáveis. Toda essa experiência recente deve ser trazida para o debate.
- A dimensão da agenda da indústria 4.0 envolve ações indutoras de novas tecnologias, construção de infraestrutura tecnológica e material, investimento em capital humano, normatizações etc. É necessário um esforço de consorciar as iniciativas das empresas e instituições de fomento e apoiar o desenvolvimento de novas tecnologias tanto nas instituições quanto nas empresas.



- O desafio é enorme, mas podemos nos beneficiar – como já fizemos em outras etapas da industrialização de nosso país – da condição de estarmos chegando atrasados. Podemos aproveitar os esforços de outros países para aprender; não seremos *front runners*, mas não podemos ser os últimos.

## Glauco Arbix – Universidade de São Paulo (USP)

- O Brasil não está na vanguarda de nenhum movimento apresentado anteriormente, mas isso pode nos revelar um lado positivo. Como a discussão encontra-se em estágio inicial no mundo e também não há uma concepção completamente fixa sobre o tema, não precisamos nos ater a copiar a estratégia de outros países.
- Seremos obrigados a pensar nossos próprios passos, mas está claro que um ponto comum é que se busca a implantação de uma nova base industrial. Seja na Alemanha, nos EUA ou na China, busca-se implantar uma nova base industrial, uma matriz diferente da existente hoje – utilizando novas tecnologias ou também se utilizando da combinação de diversas tecnologias já conhecidas ou maduras.
- A manufatura avançada coloca em xeque as estruturas produtivas existentes, em especial as mais atrasadas como a do Brasil. A indústria está preparada? Não. Mas a Alemanha está em patamar superior. O Brasil tem desvantagens, mas, por outro lado, pode-se dizer que o despreparo é generalizado.
- Vale enfatizar que estamos diante de um dilema importante, que é o fato de estarmos tratando de tecnologias poupadoras de emprego. O *reshoring* estadunidense pode até levar as empresas de volta aos EUA, mas não garante a recuperação de

empregos. Não é certo que o setor de serviços será capaz de absorver os empregos e nem que outras empresas serão abertas para absorvê-los. Nenhuma política pública pode negligenciar essa dimensão.

- O assunto é relevante para o Brasil, que tem produtividade estagnada há décadas. Alguns estudos mostram que: (i) a distância do Brasil para os países menos produtivos está diminuindo; e (ii) o Brasil está ficando para trás em relação aos países de melhor desempenho quanto à produtividade.<sup>16</sup>
- Não é necessariamente verdadeiro que o futuro seja sombrio para a indústria brasileira. Porém, precisamos de uma indústria diferente; uma indústria que seja capaz de inovar, saltar etapas e gerar tecnologia.
- É preciso um programa nacional que tente articular as diferentes iniciativas, que tenha metas, que contemple a questão do financiamento e da existência de subvenção econômica (elemento fundamental para se viabilizar alguma tecnologia disruptiva). Exaltaremos três elementos fundamentais:
  - Rede de *testbeds*: há um consenso sobre investir em infraestrutura, internet de qualidade, infraestrutura de fibra ótica etc. No entanto, destacamos a importância de se formar uma rede de *testbeds*, espaços de experimentação (infraestrutura compartilhada) para serem utilizados por empresas e universidades. Esses espaços são plataformas multiusuários e multi-institucionais e estão sendo intensamente utilizados na

---

16 MIGUEZ, T.; MORAES, T. Produtividade do trabalho e mudança estrutural: uma comparação internacional com base no World Input-Output Database (WIOD) 1995-2009. In: DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. (orgs.) *Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes*, v. 1 – Desempenho. Brasília: Ipea, 2014.

Alemanha e nos EUA. Não há uma receita *a priori* que diga de forma definitiva quais os setores ou empresas mais promissores.

- Internacionalização: a indústria brasileira não avançará sem isso. Precisamos estimular o fluxo de pessoas, promover intercâmbios de engenheiros e trabalhar a questão de participação e aquisição de tecnologia. É necessário comprar empresas ou “pedaços” (mesmo que seja 5%) de empresas para ter acesso a tecnologias de ponta. Essa é uma questão-chave, válida para várias empresas, para vários fundos e para o BNDES (que possui a BNDESPAR). Difícilmente o Brasil avançará gradativamente; precisamos queimar etapas de desenvolvimento e isso só é feito adquirindo tecnologia e *know-how*. Diversos países instigam isso, basta olharmos para o histórico dos EUA ou então para o recente *Made in China 2025*, em que há um amplo programa nacional de internacionalização.
- Governança: é preciso modificar a governança tradicional na direção de quem está com a “mão na massa” e, nesse sentido, a própria indústria precisa dar um passo importante e assumir determinadas responsabilidades.

### Carlos Américo Pacheco – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp)

- É preciso analisar a necessidade de elaborar programas de difusão de tecnologias de gestão da produção (tecnologias *lean*). Esse passo inicial pode ser fundamental para preparar a indústria brasileira para uma futura digitalização, dado seu grau de atraso.

- Para a estrutura industrial brasileira, o programa estadunidense pode nos abrir a mente. Trata-se de uma iniciativa ousada que envolve muitos recursos e que planeja a criação de diversos institutos. Não são modelos a serem fielmente copiados, mas servem de inspiração para olharmos algumas oportunidades. A formação de redes de institutos é algo muito interessante, baseando-se em centros que são constituídos por universidades, laboratórios nacionais e empresas. Essa é uma abordagem pragmática, visto que essas redes têm por missão especialmente escalar tecnologias (TRL 4 a 7)<sup>17</sup> e menos desenvolver novas tecnologias.
- Para avançar no tema, é necessário um *mix* de políticas (subvenção, fomento, crédito, incentivos fiscais etc.), como ocorre em qualquer lugar do mundo. Podemos discutir longamente o conceito ou a natureza das políticas industriais e tecnológicas, mas o fato é que, em qualquer lugar do mundo, os países optam por serem pragmáticos e reagir ao contexto que está se impondo.
- A Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Pipe) é um programa da Fapesp, em conjunto com a Finep, que apoia a execução de pesquisa científica e/ou tecnológica em micro, pequenas e médias empresas no estado de São Paulo. A Fapesp financia as modalidades iniciais de pesquisa, enquanto a Finep fornece subvenção para a etapa de escalonamento das tecnologias.
- Em 2016, a Fapesp chegou a cerca de 300 *startups* apoiadas e é importante destacar que nesse ano foi feito um edital foca-

---

<sup>17</sup> TRL é a sigla referente ao Technology Readiness Level (ou Nível de Maturidade Tecnológica).

do em manufatura avançada para pequenas e médias empresas – e isso aparecerá como elemento de qualquer programa nacional que se analise. Nos EUA, por exemplo, há o programa SBIR-STTR *Advanced Manufacturing*, que define alguns focos setoriais (amplos) e tecnologias prioritárias.

- A Fapesp também opera um programa para estímulo a centros de pesquisa em engenharia. Nele, a Fapesp faz aportes em conjunto com as empresas, que utilizam suas equipes de P&D em parceria com as universidades, e há financiamento a fundo perdido por até dez anos – algo raro no país. Esses centros de engenharia também podem ser importantes para a qualificação de recursos humanos.
- É possível fazermos coisas dessa natureza no Brasil, financiando centros de pesquisa em parceria com empresas e permitindo que elas se beneficiem desses centros, escalonando tecnologias. Entretanto, isso somente seria possível se instituições como o BNDES e a Finep auxiliassem outras instituições como a Fapesp justamente no que se refere ao escalonamento de tecnologias.

## Mesa 2: Experiências em manufatura avançada

David Kupfer – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

- Podemos colocar uma pergunta central: será que estamos diante de uma grande transformação ou uma nova revolu-

ção industrial ou estaríamos apenas nos defrontando com um novo “modelo mental” de indústria? Essa questão é extremamente importante.

- A resposta envolve ambas as partes da pergunta. Há a conjugação de dois processos de natureza radicalmente diferentes, mas que estão conectados. Por serem processos de natureza radicalmente diferentes, exigem estratégias e posicionamentos e, portanto, também políticas diferentes.
- Manufatura avançada é um termo amplo, mas sabemos razoavelmente do que se trata – envolve robótica, introdução de outros elementos de *hardware*, é intensiva em *software* embarcado e eletrônica embarcada. Isso leva a um alargamento das barreiras e limites dos processos de customização da produção industrial e ao barateamento da capacidade de fazer pequenas séries.
- A manufatura aditiva e seus variantes também podem significar o alargamento das possibilidades de fragmentação da produção, da divisão de trabalho interempresas em uma escala geográfica e, portanto, internacional, algo que era impensável e que trará impactos sobre as formas de organização industrial.
- Não se pretende negar o potencial disruptivo que a conjugação desses avanços tecnológicos pode trazer para a vida ou para a organização produtiva. Mas, se queremos construir uma estratégia nacional, temos que separar duas dimensões. De um lado, temos a dimensão da *adoção* das tecnologias envolvidas no que se chama manufatura avançada, de outro, a dimensão da *produção* das novas tecnologias.

- Caso nosso desejo seja apenas difundir essas novidades pela economia, muitas delas já estão amplamente disponíveis em nível internacional e bastaria adotá-las imediatamente. Mesmo considerando o avanço do grau de conhecimento do tema no Brasil nos últimos anos, não parece óbvio que haja clareza quanto a essa questão. Em especial, quando tratamos da formulação de políticas públicas, é importantíssimo separarmos essas dimensões, ainda que apenas para efeito analítico.
- Há grande diferença em relação a precedentes históricos, em matéria de mudanças relevantes nas formas de organização da produção industrial. Por outro lado, não se trata de uma repetição da história; há algo diferente e não há ninguém no comando dessa transformação. O processo é descentralizado; muitas inovações também surgem fora do controle do núcleo duro das empresas que tradicionalmente comandam o progresso técnico.
- É necessário disparar um programa de mobilização que envolva empresa-governo-universidades. No entanto, nem o molde estadunidense nem o alemão são completamente replicáveis – seja pela dimensão incompatível com a brasileira, seja pelas diferenças do sistema nacional de inovação, seja pela ausência das robustas médias empresas alemãs. Mesmo o modelo *go-global* chinês também não é simples, na medida em que não dispomos do mesmo volume de recursos.
- Temos que fazer o que é possível em um país seguidor de tecnologia, conectados com: a capacidade de financiar as iniciativas que surgirão desse programa de mobilização; um esforço de retirada dos gargalos regulatórios (inclusive ten-

do em vista que se trataria de gargalos relacionados a algo que ainda nem existe); prover a nova infraestrutura digital (sem prejuízo de cobrarmos pela “velha” infraestrutura que nos carece); aprofundar toda forma de intercâmbio comercial e tecnológico etc.

## Eduardo Zancul – Universidade de São Paulo (USP)

- O termo manufatura avançada não é novo. Trata-se de um termo já consagrado que tem origem na década de 1980, a partir da utilização de computadores na manufatura. Foi ampliado pela manufatura integrada por computador (CIM) e se expandiu com o uso dos computadores em sistemas de *design* (CAD, CAE etc.) e gestão empresarial (ERP). Se quisermos conceituar de forma mais atual, então podemos dizer que abrange maior uso de informática e “inteligência” na manufatura e, indo além, também abrange novos materiais e modelos de negócios mais flexíveis (como os da Uber ou da Tesla).
- Uma leitura atualizada do conceito passa a envolver os seguintes elementos: digitalização e convergência físico-virtual, em que cada item físico no ambiente de produção teria seu correspondente virtual; processos e automação flexível; coleta de dados em tempo real (e amplo uso de sensores) e otimização dinâmica (inteligência artificial e *big data*); novos materiais e tecnologias das áreas química e biológica; perspectiva de otimização do ciclo de vida (com reciclagem e remanufatura); produtos conectados (“inteligentes”). Muda-se também a organização das empresas, não apenas o que é produzido ou a forma de se produzir.



- Em relação ao enfoque temático, a manufatura avançada vai muito além das tecnologias específicas da produção, informatização e integração dentro da manufatura e avança em direção à sustentabilidade, eficiência e novos modelos de negócios.
- Nas áreas internas das empresas, saímos da produção e desenvolvimento de produtos para uma gestão mais integrada da cadeia e para análise e otimização em tempo real e novos modelos de negócios. Assim, trata-se de algo muito mais amplo que a definição original e com impacto bastante significativo quanto às possibilidades que se abrem para as empresas industriais.
- Analisando algumas experiências internacionais, percebemos que os programas de manufatura avançada ocupam posição prioritária nas políticas governamentais. Em todos os casos envolvem um alto nível de governança e, de alguma maneira, estão ligados diretamente aos gabinetes presidenciais e de primeiros-ministros. Ademais, são iniciativas que envolvem alta expectativa da sociedade, pois tratam de conferir produtividade às economias.

### Alemanha

- O termo “indústria 4.0” foi lançado em 2011 a partir da Feira de Hannover, mas já havia iniciativas anteriores em busca de um mote para a indústria alemã concentrar seus esforços.
- Os anos 2000 foram marcados pelos investimentos das empresas alemãs na Ásia, em busca do aproveitamento de baixos custos de mão de obra e também em busca de acesso ao mercado asiático. Diante desse cenário, já havia uma

discussão no ambiente empresarial e acadêmico alemão sobre como manter parte dos novos investimentos na Alemanha e a repercussão negativa do *offshoring* da produção.

- Em 2006, surgiram dois projetos bastante emblemáticos. Em um projeto, o governo alemão concedeu um financiamento de longo prazo (dez anos) a *clusters* de excelência para estudar modelos de produção para países de alta renda. Com outro projeto, a Alemanha, que adotou tardiamente o modelo de produção enxuta, buscava modelos específicos como o de *lean manufacturing*.
- Em 2011, as entidades de classe, em conjunto com a academia alemã de ciência e engenharia (Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften), lançaram um documento que traz o termo “Indústria 4.0” e em 2013 foi lançada a Plataforma Indústria 4.0, por meio do documento *Securing the future of German manufacturing industry: recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0*.<sup>18</sup> Finalmente, no ano de 2015 ela foi absorvida e relançada como um plano de governo.
- O caso alemão está ligado a uma concepção mais clássica de automação, robotização etc. Essencialmente, a estratégia está voltada para reforçar a capacidade exportadora da indústria alemã de máquinas e equipamentos e também reduzir os custos de produção internos. Assim, os focos são claramente: exportação; competitividade; e manutenção de empregos.

---

<sup>18</sup> Ver <<http://www.acatech.de/de/publikationen/stellungnahmen/kooperationen/detail/artikel/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-40-final-report-of-the-industr.html>>, onde se pode acessar o relatório.

- Do ponto de vista da governança, a iniciativa alemã é interessante. A liderança compete aos ministros de “educação e pesquisa” e de “economia e energia”. A participação de empresas já se dá em níveis muito altos da governança e há também um grupo que serve para dar direcionamentos estratégicos, que é bastante diversificado, participando entidades de classe, sindicatos, empresas, Instituto Fraunhofer e academia. Nos grupos de trabalho também há participação de empresas, que acabam por formar a maior parte do corpo de trabalho da plataforma.
- Em relação aos laboratórios, a iniciativa alemã procura explorar e alavancar as próprias estruturas existentes de universidades e laboratórios – estruturas que já são altamente qualificadas. Exemplo disso são as várias unidades Fraunhofer capacitadas para lidar com o tema “manufatura”.

### EUA

- Lançada em 2011 por meio do *Report to the president on ensuring American leadership in advanced manufacturing*,<sup>19</sup> a iniciativa estadunidense é mais abrangente que a alemã.
- Essencialmente, a experiência dos EUA está centrada na previsão de criação de 45 novos institutos de desenvolvimento tecnológico – Institute for Manufacturing Innovation (IMI). Os IMIs são institutos com foco temático definido e que têm perspectivas bem abrangentes.
- Em matéria de governança, o programa surgiu da Presidência (Office of Science and Technology Policy – OSTP)

---

<sup>19</sup> Ver <<https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-advanced-manufacturing-june2011.pdf>>, onde se pode acessar o relatório.

e a coordenação intragoverno é feita pelo Advanced Manufacturing National Program Office (AMNPO). Os projetos são definidos pelos institutos, em conjunto com o departamento financiador (Department of Defense, por exemplo). Já em cada instituto, a governança é exercida pelo consórcio e pelo financiador.

- Os institutos são executados por consórcios consórcios – empresas, universidades, estados, municípios, organizações não governamentais (ONGs) etc. – e contam com fortes investimentos federais. Ao financiamento do governo é acrescida uma contrapartida, semelhante ou maior, do consórcio. O montante do investimento governamental é de até US\$ 70 milhões por instituto (não reembolsáveis, distribuídos em cinco anos).
- Até o momento, dos 45 institutos planejados, nove já foram implementados: America Makes; The National Additive Manufacturing Innovation Institute; Digital Manufacturing and Design Innovation Institute; Lightweight Innovations For Tomorrow; PowerAmerica; The Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation; American Institute for Manufacturing Integrated Photonics; Flexible Hybrid Electronics Manufacturing Innovation Institute; Advanced Functional Fabrics of America; Clean Energy Smart Manufacturing Innovation Institute.
- Para concluir, podemos mencionar o conceito de *testbeds* como uma possibilidade para o Brasil. Os *testbeds* vêm sendo utilizados na Alemanha como ambientes de demonstração para a indústria 4.0 e são espaços que normalmente se localizam em institutos de pesquisa ou universidades. Tipica-

mente, um *testbed* usa algum produto-exemplo e possibilita que as empresas utilizem os espaços para realização de testes e se beneficiem da mão de obra dos institutos, ajudando também na formação de mão de obra.

- Um mapeamento na Alemanha revela 33 *testbeds* no país e 267 casos de aplicação em empresas. No caso dos EUA, também é possível encontrar uma lista semelhante de *testbeds*, de forma que isso tem tido um papel bastante importante nas estratégias para manufatura avançada.

### João Emílio Gonçalves – Confederação Nacional da Indústria (CNI)

- A Quarta Revolução Industrial é mais difícil de conceitualizar do que as outras. As demais estavam associadas a uma tecnologia ou processo específicos, mas a Quarta Revolução pode trazer uma revolução para cada diferente setor ou atividade. Essa complexidade torna mais difícil pensarmos em um modelo único que nos sirva de inspiração e em qual política aplicar.
- A Quarta Revolução envolve dois paradigmas principais neste processo de aplicação de tecnologias na produção industrial: (i) integração digital vertical e horizontal, estabelecendo redes entre fornecedores e clientes; e (ii) customização em massa.
- Do ponto de vista da difusão de tecnologia, ou do usuário, esse movimento é importante. O Brasil deve ter a preocupação de viabilizar uma nova indústria, mas, por outro lado, deve ser capaz de lidar com a indústria que já existe. A incorporação de tecnologias digitais ou de processos *lean* pode ser útil na superação de problemas atuais.

- A Sondagem Especial Indústria 4.0<sup>20</sup> afirma que há baixo nível de emprego de novas tecnologias e alto grau de desinformação das empresas sobre diversas tecnologias. E se a empresa não sabe quais tecnologias são importantes, como esperar que elas adotem essas novas tecnologias? Assim, na visão da CNI, o baixo conhecimento é um dos entraves à utilização de novas tecnologias.<sup>21</sup>
- Resumindo o mapeamento de desafios apontados pelo estudo da CNI, a primeira dimensão identificada como relevante foi “aplicações nas cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores”. Esse deve ser o ponto de partida, e é preciso um entendimento de quais são os segmentos que combinam a existência de uma pressão competitiva de outros países, forçando-os a avançar, ao mesmo tempo que também tenham um nível de prontidão tecnológica para conseguir absorver mais rapidamente as tecnologias – isso tendo em vista o conceito de difusão das tecnologias no país; não o de produção.
- Dessa dimensão, é possível desdobrar algumas outras: fomento ao desenvolvimento tecnológico dos nichos que vierem a ser identificados; agenda de recursos humanos para se obter mão de obra mais qualificada; infraestrutura, como a necessidade de internet de banda larga de boa qualidade e altamente disponível; e regulação.

---

20 Conforme a nota 2, ver <<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/publicacoes-e-estatisticas/estatisticas/2016/05/1,88118/sondesp-66-industria-4-0.html>>, onde se pode acessar o relatório.

21 O documento *Desafios para a Indústria 4.0 no Brasil* mapeou seis eixos que devem ser trabalhados pela indústria e pelo governo para viabilizar essa transição tecnológica. Conforme a nota 3, ver <<http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes-e-estatisticas/publicacoes/2016/8/18,1174/desafios-para-industria-40-no-brasil.html>>, onde se pode acessar o relatório.

## Mesa 3: Infraestrutura de inovação e tecnologias habilitadoras

### Herman Lepikson – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) Cimatec

- A função principal do do Senai é apoiar a indústria por meio da prestação de serviços técnicos e tecnológicos e formação de recursos humanos. Está em andamento um projeto, em parceria com o Fraunhofer e o Massachusetts Institute of Technology (MIT), que objetiva a criação de uma série de institutos relativamente diferentes das unidades tradicionais do Senai.
- Os Institutos Senai de Inovação (ISI), espalhados por todo o território nacional, têm como objetivo principal conferir mais competitividade à indústria brasileira, por meio de soluções inovadoras para empresas de grande, médio e pequeno portes. Esse conjunto de ICTs busca prover à indústria soluções que estejam entre o TRL 4 e o 7. Por sua vez, os Institutos Senai de Tecnologia disponibilizam sua infraestrutura física e pessoas qualificadas para a prestação de serviços especializados, desenvolvendo soluções para as empresas com base nas tecnologias existentes.
- Essa rede foi criada a partir de discussão entre a CNI, a comunidade industrial, a academia e o governo. O BNDES concedeu financiamento de R\$ 1,5 bilhão ao Senai, colaborando para viabilizar a criação desses institutos. Esse financiamento foi concedido no âmbito do Programa BNDES Qualificação, instrumento criado em 2011.

- Dos 25 ISIs, cerca de 18 já estão operacionais, isto é, desenvolvendo projetos de P,D&I para a indústria. O ISI Automação, sediado no Senai Cimatec, faz parte dessa rede e está localizado em Salvador (BA).
- Por iniciativa da CNI e do MDIC, tem-se apoiado um programa que gerou a Aliança em Manufatura Avançada. Essa aliança configura-se como um grupo temático de institutos, coordenado pelo ISI Automação, com competências afins e experiência em manufatura avançada.
- O objetivo dessa aliança é implementar projetos de P,D&I de plataformas escalonáveis e de baixo custo para uso da indústria brasileira, ou seja, desenvolver plataformas que possam ser usadas pela indústria como base para outros desenvolvimentos (especialmente mediante adaptações em *software*).
- O laboratório de manufatura avançada serve para pesquisa e desenvolvimento nas tecnologias internet das coisas (IoT – *internet of things*) e de inteligência de processos, voltadas à manufatura avançada, e congrega fabricação, controle de qualidade, movimentação, armazéns escuros etc. O laboratório conta com parcerias relevantes, como é o caso da Rockwell Automation, que utiliza recursos oriundos da Lei de Informática para realizar pesquisas para o ISI em internet industrial. Outra parceria importante é com a Intel, pois o ISI também funciona como um Intel Design House (IDH) na parte de IoT, desenvolvendo *hardwares* de baixo custo.
- Um projeto emblemático é o Flatfish, feito em parceria com a BG/Shell. Trata-se de um projeto de robô autônomo submarino, feito de material leve (resultando em um equipamento que pesa cerca de 250 kg fora d'água). O desafio



tecnológico desse tipo de projeto é enorme, mesmo porque embaixo d'água não há GPS ou outra forma de comunicação (apenas aquelas precárias, feitas em baixa frequência).

- O robô é feito para operar e ficar estacionado debaixo d'água, somente emergindo para manutenção. Assim, o robô tem a capacidade de ser lançado e içado diretamente da FPSO/ plataforma ou então pode residir em uma subestação debaixo d'água. O projeto suprime a necessidade de pessoas especializadas e embarcações de apoio. Na superfície, é necessário um operador para fazer a programação, selecionando o tipo de missão, o alvo e a frequência da inspeção.<sup>22</sup>
- O desenvolvimento desse projeto contemplou novos desenvolvimentos em áreas de sensoriamento, técnicas de inteligência artificial para navegação, integração de sistemas para que uma frota de robôs trabalhe cooperativamente etc. E isso é de grande valia, pois se pode pensar em aplicações que vão além do robô submarino.
- Além do Flatfish, alguns dos projetos abordados foram: (i) robô de inspeção em linhas de alta tensão (Cemig); (ii) desenvolvimento de “postes inteligentes” (Teltex); e (iii) desenvolvimento virtual de produtos (Whirlpool).

---

22 No entanto, é a inteligência artificial do robô que controla a execução da missão. O sistema de navegação permite alta precisão e elimina a necessidade de estruturas de apoio próximas ao que será inspecionado; o sistema permite ter visão 3D de toda a infraestrutura *subsea* com alta precisão (com câmeras, *lasers* e sonares), gerando uma inspeção detalhada. Além disso, o robô é capaz de replanear suas missões, baseado em informações de sensores e nas falhas encontradas durante a missão. O robô também consegue antever obstáculos inesperados e fazer manobras curtas, evitando colisões e danos. Quando a missão é concluída, o robô volta para sua estação submarina, recarrega sua bateria e transmite os dados de inspeção para a superfície. Estima-se que a redução de custos varie entre 30% e 50% dos custos operacionais.

## Jorge Vicente Lopes – Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer

- O CTI Renato Archer é uma unidade de pesquisa ligada ao MCTIC, inaugurado no ano de 1982 em Campinas (SP). Seus principais focos de atuação são: microeletrônica, componentes eletrônicos, sistemas, mostradores de informação, *software*, aplicações de TI, robótica, visão computacional, tecnologias de impressão 3D para indústria e medicina e *softwares* de suporte à decisão.
- Ênfase no foco em manufatura aditiva como uma das tecnologias habilitadoras para a manufatura avançada ou para indústria 4.0. As missões da divisão de tecnologias tridimensionais são a pesquisa, o desenvolvimento e a difusão dessas tecnologias, com o instituto envolvido no *gap* entre pesquisa e produto.
- O CTI passou a se dedicar ao tema em 1997 quando comprou o primeiro equipamento, ainda funcional (alguns equipamentos custam cerca de € 1 milhão).
- Na área de manufatura aditiva, o instituto trabalha com estruturação de materiais (alguns tradicionais como polímeros, metais e cerâmicos ou então compósitos e biomateriais) e plataformas experimentais de *software* e *hardware* para manufatura aditiva. Também tem forte relação com a área médica, por exemplo, na parte de imagens e em modelagem anatômica (há um projeto-piloto envolvendo cerca de 300 hospitais e o desejo de que o SUS utilize essa tecnologia, que pode trazer redução de custos aos hospitais), bioengenharia e biofabricação.<sup>23</sup>

---

23 A biofabricação está envolvida numa visão de futuro para a área médica, por exemplo, como utilizar a manufatura aditiva para produzir tecidos e órgãos.

- Um exemplo de aplicação da manufatura aditiva em que foram utilizados materiais compósitos é o de estruturas cuja complexidade é muito grande e que não poderiam ser produzidas por nenhuma outra tecnologia de maneira controlada. A produção com modelos digitais permite a fabricação de produtos com geometria extremamente complexa.
- O CTI já produziu peças em titânio, alumínio e vanádio (liga aeronáutica). Essas peças têm geometria complexa e podem-se obter reduções importantes de peso do material. Esse tipo de aplicação vem crescendo na indústria aeroespacial.
- Outro caso de destaque para o CTI é o da indústria médica, em que se pode reduzir o peso de próteses, por exemplo, ou em que a customização se torna bastante relevante. Ainda na área médica, o CTI desenvolveu um *software* livre para ser utilizado na área (mas que pode ser utilizado em outros campos), aplicável para tomografias, ressonâncias e outras modalidades. Com esse *software*, podem ser gerados modelos para impressão 3D. O *software* começou a ser desenvolvido em 2001 e hoje é amplamente utilizado em 135 países.

### Antonio José Roque da Silva – Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM)

- O CNPEM é uma organização social qualificada pelo MCTIC e está localizado em Campinas (SP). O CNPEM possui quatro laboratórios que são referências mundiais: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS); Laboratório Nacional de Biociências (LNBio); Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia de Bioetanol (CTBE); e Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano).

- Possivelmente, o CNPEM é o laboratório brasileiro que mais se parece com os Institutes for Manufacturing Innovation (IMI) estadunidenses.
- Existem diversas tecnologias relevantes, mas o conhecimento profundo das propriedades dos materiais é um aspecto central. A manufatura aditiva é um bom exemplo, pois ainda há um desafio de pesquisa para entender como certos materiais se conectam.
- Seja para estudar as razões pelas quais o metal tem determinada fratura, seja para aperfeiçoar o desenvolvimento de medicamentos, as perguntas relevantes envolvem cada vez mais entender quais os tipos de átomos que compõem determinada matéria, qual a distância entre eles, sua geometria, suas ligações químicas etc. É essencial entender essas questões para de fato avançar nas tecnologias de ponta.
- A tendência é trabalhar com materiais em escalas reduzidas e, para tanto, é necessário possuir ferramentas especiais. Nesse sentido, o síncrotron é a ferramenta mais adequada, pois atende o maior número de áreas com a precisão necessária para investigar a matéria.
- Países importantes (por exemplo: EUA, China, Japão e diversos europeus) possuem laboratórios síncrotron para estudar objetos em escala nanométrica ou em escala atômica. Para estudar essas escalas, é preciso utilizar fontes de alto brilho na frequência de raios X. Vale dizer que o avanço tecnológico de brilho nas fontes de raios X e ultravioleta é

maior que o preconizado pela Lei de Moore e muitos países continuam investindo pesadamente nisso.<sup>24</sup>

- A estrutura necessária contempla a construção de uma fonte de raios X a partir de um acelerador de elétrons.<sup>25</sup> O Brasil foi pioneiro no hemisfério sul. O LCLS foi construído entre 1987 e 1997 e é o único a operar uma fonte de luz síncrotron na América Latina.<sup>26</sup>
- Desde então, o Brasil possui uma fonte de luz síncrotron de segunda geração, chamada UVX, cujo índice de confiabilidade é bastante alto. O UVX é o maior equipamento de pesquisa do país, tendo custado cerca de US\$ 70 milhões (hoje, um equipamento de última geração fica em torno de US\$ 500 milhões).
- Há parceria com a Braskem para desenvolvimento de fibras de ultra-alto peso molecular e alta *performance*. Embora a empresa se concentre na área de petróleo, é possível diversificar as aplicações. O material utilizado na produção de cabos para plataformas de

---

<sup>24</sup> “Um maior brilho não é apenas capaz de melhorar quantitativamente os experimentos com a redução no tempo de aquisição de dados, com o aumento da precisão dos resultados das medidas ou com o aumento no número de amostras que podem ser analisadas num mesmo espaço de tempo. Um maior brilho abre oportunidades completamente novas de pesquisa, permitindo a realização de experimentos com técnicas impossíveis de serem executadas em síncrotrons de baixo brilho”. Ver <http://lnls.cnpem.br/sirius/introducao-as-linhas-de-luz/>.

<sup>25</sup> É preciso ser capaz de extrair os elétrons e acelerá-los num tubo de alto vácuo. Feito isso, um conjunto de campos magnéticos pode desviar a trajetória desses elétrons, e quando isso acontece, eles emitem uma radiação. Essa radiação segue por estações chamadas “linhas de luz”, onde se condiciona a radiação de forma apropriada para que ela possa incidir num material (orgânico ou inorgânico). A partir disso, a radiação interage com o material e, com a análise da informação coletada por detectores, torna-se possível responder a perguntas sobre a estrutura das matérias, suas ligações químicas etc.

<sup>26</sup> Na década de 1980, não havia domínio tecnológico nem grandes usuários do laboratório. Portanto, havia muita dúvida sobre a realização desse investimento. Em que pese isso, houve forte componente de instrumentação científica (interagindo com laboratórios internacionais) e de recursos humanos.

exploração pode ser estudado para aplicações em balística, por exemplo. A Braskem queria poder fabricar o fio para gerar coletes à prova de bala, porém há detalhes em relação à fibra que dependem das características moleculares de sua produção. A partir da análise com o UVX, tornou-se possível fabricar o produto, mas o material pode ser aproveitado em outras aplicações, como na fabricação de peças mecânicas de alto desempenho.<sup>27</sup>

- Desde 2015, está em construção o Sirius, uma das primeiras fontes de quarta geração do mundo de luz síncrotron. Espera-se que o Sirius esteja finalizado no ano de 2020 e que seja a maior e mais complexa infraestrutura científica já construída no Brasil. Talvez se trate do projeto estruturante de maior sucesso nos últimos trinta anos. A nova fonte de luz síncrotron é projetada para ter o maior brilho entre todos os equipamentos na sua classe de energia e comportar até quarenta linhas de luz. O Sirius abrirá novas perspectivas de pesquisa em áreas como ciência dos materiais, nanotecnologia e biotecnologia.
- O Sirius pode ser visto como um projeto estruturante (embora não pelo lado da demanda). No entanto, pode-se buscar elencar projetos estruturantes capazes de gerar desenvolvimentos tecnológicos relevantes, baseados em desafios previamente estabelecidos. Para isso, seria necessário termos uma visão de médio-longo prazo, visto que os desenvolvimentos

---

<sup>27</sup> Embora isso não exista no Brasil, países como o Japão têm consórcios de empresas que financiam as estações experimentais (linhas de luz), que passam a ter características mais próximas das que as próprias empresas necessitam. Um exemplo de destaque de utilização é o caso da Falken, empresa de pneus japonesa. A partir do síncrotron, descobriu-se que, com maior separação das nanopartículas da borracha, se obtinha um pneu que esquenta muito menos e isso reduziu a resistência de rolagem. Como ilustração, caso todos os pneus do Japão fossem substituídos por esse novo tipo, seria possível obter um *retorno* de US\$ 7 bilhões/ano, compensando todo o investimento feito em infraestrutura.

levam pelo menos de cinco a dez anos. Deve-se ter em mente algo que seja importante para o mercado brasileiro e internacional, em segmentos que o país tenha ou venha a ter empresas fortes e conte com recursos humanos qualificados.

- No segmento eólico, há diversos desafios tecnológicos relevantes, referentes ao tamanho da torre e da pá e também no que se refere a levar os equipamentos para mais longe da costa (buscando explorar regime de ventos constantes e menores custos de manutenção). Não à toa, empresas importantes estão entrando nesse mercado, como a Statoil, que tem conhecimento em águas profundas (projeto-piloto na costa da Escócia). Analogamente, Siemens e GE são outras grandes empresas que já exploram esse segmento, inclusive aspectos de supercondutividade. Outro desafio diz respeito ao uso de manufatura aditiva para fabricação de pás eólicas, em especial o desenvolvimento dos equipamentos que fabricarão as pás.
- De forma provocativa, vale dizer que o Brasil tem competências para se inserir nisso. A WEG é uma empresa de porte e compete com a GE e a Siemens; a Petrobras tem enorme conhecimento de águas profundas; a Embraer e o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) têm competências atreladas a materiais ultraleves e aerodinâmica; a Tectis tem competência na fabricação de pás eólicas. Uma conjugação desses elementos certamente autoriza o Brasil a competir mundialmente.

### Anderson Borille – Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)

- O ITA é uma instituição pública de ensino superior da Força Aérea Brasileira localizada em São José dos Campos (SP).

Entre seus laboratórios, está o Centro de Competência em Manufatura (CCM), que desenvolve produtos e soluções nas áreas de processos de fabricação, automação, metrologia, manufatura digital e análise estrutural.

- Tomando como exemplo apenas uma tecnologia (manufatura aditiva): Cingapura está investindo cerca de US\$ 500 milhões em infraestrutura referente a impressão 3D; a China está investindo mais de US\$ 300 milhões em impressão 3D no âmbito de um programa bilionário para a manufatura avançada.
- Como o Brasil vai competir com esses *players* em infraestrutura, dado que não possuímos a mesma magnitude de recursos? Além do desafio da infraestrutura, também há questões quanto aos recursos humanos, e é necessário que as pessoas entendam os novos desafios e restrições colocados pelos novos processos.
- Quando falamos em manufatura avançada, a qual delas nos referimos? Existem várias formas: se desdobrarmos as tecnologias, perceberemos que existe um universo de alternativas, que precisam ser entendidas e estudadas. Sendo assim, precisamos saber qual delas é a mais adequada para o país. Como exemplo, a plataforma europeia conta com uma série de ações, mas no Brasil seria complicado criar a infraestrutura de que gostaríamos para apostar em todas as tecnologias relevantes.
- O ITA tem *cases* que podem gerar discussões de como agir diante desse cenário. Um projeto importante foi feito em parceria com a Embraer.



- Iniciado em 2009, o projeto tinha dois grandes desafios: conectar segmentos de fuselagem de aeronaves e fazer furação e cravação de rebites, ambos utilizando robôs e sistemas supervisórios. O projeto desenvolvido passou a ser adotado pela empresa e também gerou patentes e publicações de pesquisa. Quanto à infraestrutura, foi financiado pela Embraer e pela Finep, e houve aquisição de produtos estrangeiros essenciais (por exemplo: robôs da Kuka e acionamentos da Siemens). Embora estas sejam soluções “de prateleira”, deve-se destacar que o conceito e a “inteligência” utilizados agregam valor ao projeto final.
- Precisamos conseguir reutilizar o conhecimento obtido, levando-o a outras aplicações. No caso desse projeto, o sistema de controle obtido pôde ser usado para alimentar um robô em uma aplicação para outro tipo de montagem com movimentação de peças pesadas. É necessário saber aproveitar os recursos, atentar para desdobramentos de aplicações laterais e criar ambientes que acelerem a capacidade de desenvolvimento de soluções.

## Mesa 4: Perspectivas setoriais em manufatura avançada

Claudio Moneda – Consorzio  
Macchine Utensili (Comau)

- O Comau é uma multinacional italiana que faz parte do grupo Fiat Chrysler Automobiles (FCA) e que possui uma unidade em Santo André (SP). A empresa atua no desenvolvimento de sistemas de produção automatizados e na fabricação de robôs industriais.

- A indústria 4.0 pode ser vista como uma conjugação da automação com a digitalização. A Comau baseia-se em quatro pilares responsáveis por guiá-la rumo à indústria 4.0:
  - Uso de equipamentos flexíveis: a Comau tem mais de 30 mil robôs espalhados pelo mundo, inclusive robôs colaborativos trabalhando junto com seres humanos.
  - Comissionamento virtual: o objetivo é misturar o ambiente virtual (projeto em CAD + simulação robótica + lógica de controle) e o ambiente real (componentes reais), de forma que a depuração dos programas elimine ou diminua os erros geralmente encontrados no comissionamento real na planta do cliente (por exemplo: tempo na planta, problemas de instalação e quantidade de problemas ergonômicos).
  - Comunicação integrada: todos os controles e comandos estão interligados, sendo o próximo passo trabalhar em nuvem.
  - Plataformas digitais para diagnóstico de máquinas: o objetivo é desenvolver uma plataforma que receba informações de sensores e, por meio de algoritmos inteligentes (especificamente desenvolvidos), analise a situação da máquina e o comportamento do operador, processe os dados e tome decisões para solucionar problemas ou fornecer o status do equipamento.
- Principais elementos implantados: projeto realizado parcialmente por meio de comissionamento virtual; sistema de identificação (RFID) para reconhecimento do tipo de motor a ser montado; robôs industriais para montagem e manuseio de componentes; implementação de robôs colaborativos que interagem com o operador; e inspeção automática de componentes montados no motor, utilizando sistema de visão.

## Douglas Alcântara – Romi

- A Romi é uma empresa brasileira localizada em Santa Bárbara d'Oeste (SP) que atua em três áreas: máquinas-ferramenta; injetoras plásticas; e fundidos e usinados. É o maior fabricante nacional de máquinas-ferramenta.
- Fim da era de baixo custo da mão de obra, maior pressão por ganhos de produtividade e migração da mão de obra operacional para processos mais estratégicos, com aumento nos níveis de automação.
- No contexto internacional, países como a Alemanha querem se manter competitivos no cenário mundial e, para isso, buscam novas tecnologias e melhor desempenho de *softwares* e *hardwares*.
- A Romi vem avançando no estudo de vibrações estruturais (incluindo o uso de materiais avançados) e vem implementando conectividade em sua produção.
- Sobre manufatura aditiva, a Romi está se dedicando mais diretamente à manufatura híbrida. Esse tipo de equipamento combina técnicas de adição e subtração de material. A impressão de forma aditiva consegue gerar geometrias complexas, mas nem sempre o acabamento é suficientemente preciso, a depender da aplicação. Nesses casos, precisa-se de uma etapa de subtração de materiais, por exemplo, via usinagem.
- De modo geral, há melhorias quanto ao índice de eficiência dos equipamentos, à confiabilidade do produto final, aos custos de mão de obra, à eficiência energética, à rentabilidade etc.

- Do ponto de vista dos desafios para implementação no Brasil, é preciso: elaborar políticas públicas para suportar as demandas de desenvolvimento; rever os perfis acadêmicos para preparar os profissionais do futuro; expandir serviços de internet; incentivar a nacionalização da produção e a implementação de tecnologias; e rever a legislação que assegura segurança da informação, bem como a propriedade intelectual em relação aos dados gerados.

### José Bittencourt – General Electric (GE)

- A GE é uma multinacional estadunidense que fornece soluções de infraestrutura em diversos setores, como energia, iluminação, transporte e saúde.
- Em vez de “indústria 4.0”, a GE cunhou um termo próprio: fábrica brilhante (*the brilliant factory*). A *brilliant factory* baseia-se em quatro pilares:
  - Manufatura enxuta, que contempla eliminação de desperdícios, melhoria contínua, produção nivelada, qualidade e padronização (há espaço para melhorias *lean*, mesmo que nem falemos dos outros três conceitos).
  - Manufatura aditiva, que traz elementos de prototipagem rápida, modelagem, impressão de protótipos e produtos e precisão no acabamento.
  - Maturidade digital, com destaque para a plataforma Predix e o uso de gêmeos-digitais.
  - Manufatura avançada, que contempla automação, robótica, fabricação avançada e tecnologias de alta precisão.

- A GE criou uma área de negócios denominada GE Digital que tem no Predix sua principal plataforma.
  - Plataforma desenvolvida em *cloud foundry*, funciona inteiramente na nuvem – a ideia é conectar todos os equipamentos à nuvem (fazendo uso de *big data* e *analytics*).
  - Com base nos dados gerados pelas máquinas, é possível colher informações específicas dos ativos, realizar análises em tempo real e, então, as utilizar para detectar falhas ou comportamentos atípicos para reduzir ou evitar paradas não programadas e minimizar riscos operacionais.
  - Sistema operacional para o desenvolvimento de aplicativos que integram e conectam ativos industriais, coletam e analisam dados e fornecem soluções em tempo real para a otimização de operações.
- A primeira tentativa de implementação da “fábrica brilhante” foi na Índia. Trata-se de fábrica multimodal, que fabrica peças para motores de avião, locomotivas, turbinas eólicas e unidades de tratamento de água. Faz uso de impressoras 3D, inspeção a laser, bem como do Predix para conectar os dados; há digitalização completa, desde o desenho até a fabricação dos produtos.
- A GE vem fazendo aquisições recentes (Arcam, SLM, Concept Laser GmbH) e, a partir disso, criou uma nova área de negócios que integrará as atividades de todas essas empresas. A GE enxerga que a tecnologia de manufatura aditiva é tão estratégica, que optou por internalizá-la.

## João Carlos Zerbini – Embraer

- A Embraer é uma multinacional brasileira, com sede em São José dos Campos (SP), que fabrica aviões comerciais, executivos, agrícolas e militares.
- A empresa aloca mais de 5.900 funcionários para pesquisa e desenvolvimento (pré-competitivo e competitivo). No ano de 2015, foram investidos cerca de US\$ 625 milhões em P&D e *capital expenditure* (Capex). Quase metade da receita líquida da empresa provém de inovações implantadas entre 2010 e 2014.
- Há tempos que a Embraer vem trabalhando com tecnologias avançadas. Desde 2007, tem a digitalização como meta e utiliza robótica e simulação em seus processos. Hoje, estão avançados na implementação da digitalização, incluindo uma fábrica *paperless*; utilizam simulação e virtualização em todos os seus processos; contam com robótica colaborativa, manufatura aditiva e híbrida e realidade aumentada, entre outras.
- Um conceito importante para a Embraer é o de fábrica digital, em que há um fluxo único de informação desde o *design* do produto até o chão de fábrica. A informação originada no *design* de produtos é reaproveitada pela área de engenharia de manufatura na definição do processo produtivo e também para geração das instruções de processo de trabalho. Analogamente, as informações geradas na manufatura vão para a área de produção.
- O desenvolvimento do produto – *design*, simulações, posicionamento de peças, requisitos de produto, análise de tolerância etc. – é feito em ambiente virtual, por meio de *softwares*.

A informação gerada nessa etapa é reaproveitada pela área de manufatura; a montagem do processo, a calibração de peças, o melhor uso de ferramentais e seu emprego pelos funcionários são etapas empreendidas primeiramente em ambiente digital.

- Há problemas na aplicação da realidade aumentada em modelos aeronáuticos. Recentemente, obteve-se um resultado satisfatório: um trabalho realizado em conjunto com a Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (Firjan) por meio de um sistema em que um operador usa um *tablet* para identificar o posicionamento de peças de compósito em ferramental flexível, sendo a peça colocada com auxílio de robô.
- Idealmente, espera-se ter a visão de cada peça da aeronave dentro de toda a geometria – o posicionamento relativo das peças, tubulação e estruturas –, algo muito complexo, levando-se em consideração o tamanho dos modelos. Outro ponto relevante é o uso da robótica.
- A Embraer vem avançando na questão de gestão “inteligente” da informação na manufatura, desde a coleta dos dados no chão de fábrica, passando pela integração entre sistemas, até a geração de informação para tomada de decisão.
- Manufatura aditiva: considerando que boa parte da aeronave é usinada e que 85% da matéria-prima é descartada no fim do processo, percebe-se que é possível obter muitos ganhos com o aprimoramento dos processos.

## Fernando Ferraz – Akaer

- A Akaer é uma empresa brasileira de médio porte, com sede em São José dos Campos (SP), que atua no desenvolvimento de projetos aeronáuticos.
- O conceito a ser perseguido é o de “empresa inteligente”, pois abrange algo que vai além da manufatura ou da produção – abarca a integração de partes, processos e atores (inclusive trazendo as pessoas para o mesmo ambiente), ao longo de todos os ciclos de produção.
- Em consonância com o relatório *The factory of the future*,<sup>28</sup> de 2016, indústria 4.0 é a integração de todas as divisões de negócios que adicionam valor e toda a cadeia agregadora de valor por meio da digitalização.
- Todas as áreas e processos da empresa, tais como P&D, vendas, fornecedores, parceiros, fabricantes e consumidores, poderão se conectar por meio de um sistema unificado e consolidado. Todos os parâmetros relevantes relativos ao ciclo de vida do produto são modelados, simulados e analisados desde o desenvolvimento do produto.
- Mesmo em grandes empresas, existem vários processos que não serão automatizados – o que não quer dizer que não possam ser otimizados. Uma questão provocativa que pode ser colocada é a seguinte: o que de fato mudou nos últimos dez ou vinte anos? Os produtos são basicamente os mesmos e continuamos produzindo razoavelmente da mesma forma.

---

<sup>28</sup> Ver <<https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/pdf/2016/05/factory-future-industry-4.0.pdf>>, onde se pode acessar o relatório.



- Mas o que acontece se olharmos para os ciclos de desenvolvimento? Tínhamos etapas que aconteciam praticamente em série, com um grupo de pessoas pensando no conceito do produto, por exemplo, e apenas quando essa fase estava encerrada é que se desenvolveria o produto. Feito isso, pensa-se na etapa de industrialização, o ferramental necessário etc.
- Atualmente, diversas etapas passaram a acontecer em paralelo, o que é possibilitado, em grande parte, por novas ferramentas e *softwares*. Hoje, quando se inicia um projeto, deve-se pensar desde as fases mais básicas até a integração de todas as áreas, sistemas e processos, unindo diversas disciplinas.
- A começar pela Alemanha, onde o projeto indústria 4.0 é um programa de Estado e faz parte da estratégia de posicionamento global do país, hoje diversos países estão firmemente engajados em programas semelhantes, que variam de nome (por exemplo, Advanced Manufacturing, nos EUA, e Smart Industry, na Suécia), mas em essência visam capacitar as empresas a ter papel preponderante no novo ambiente integrado que se aproxima rapidamente.
- Esses modelos não são, necessariamente, o melhor para o Brasil, pois as necessidades e vantagens são diferentes. O essencial é reconhecermos que o que nos posiciona de forma diferente é a capacidade de inovação do país.
- É fundamental que exista uma boa interação do setor privado com a academia e o governo, bem como forte geração de recursos humanos qualificados. Esse reconhecimento

deve estar conectado com as vantagens competitivas que o Brasil pode usufruir.<sup>29</sup>

## Carlos Camerini – Organização Nacional da Indústria do Petróleo (Onip)

- A Onip, responsável pelo desenvolvimento da indústria de petróleo no Brasil, coordena um projeto chamado Fabricação Digital.
- No âmbito do Programa de Desenvolvimento de Fornecedores (Multifor), a Onip realizou iniciativas para ampliação de conhecimento, como o início do mapeamento dos principais elos da cadeia produtiva, processos e participantes do setor de óleo e gás. Também foi dado suporte à gestão da política de conteúdo local, foram feitas atividades de credenciamento e qualificação de fornecedores e promovidos seminários e *workshops* temáticos.
- No âmbito do programa Plataformas Tecnológicas (Platec), em parceria com a Finep, pesquisaram-se diversos tipos de componentes que o Brasil poderia fazer na área de óleo e gás. Desde 2012, a Onip analisou mais de mil itens com potencial para fabricação no Brasil. Nesse período, cerca de 1.500 empresas e instituições participaram dos eventos organizados em todo o país.

---

<sup>29</sup> Fundamentalmente, temos características de um país tropical, algo que nos difere dos países avançados. Nesse ponto, o caso do setor de energia eólica é emblemático. Os projetos de aerogeradores são importados de países de clima frio, mas na Europa os ventos variam muito ao longo do ano, tanto em intensidade quanto em direção. Já no Nordeste do Brasil, o vento não apenas é constante durante o ano inteiro, como também segue praticamente na mesma direção. No entanto, os aerogeradores utilizados no Brasil continuam tendo, por exemplo, sistema de posicionamento de *yaw* (relativamente caro e cuja utilidade é buscar o melhor ângulo de vento). Além disso, os equipamentos têm um sistema de aquecimento, que é importante em muitos países pelas condições de frio intenso, mas que não se faz necessário na região Nordeste do Brasil.

- Existem diversos exemplos de produtos que foram “decompostos”, e a Onip pôde identificar exatamente quem são os competidores internacionais, qual o custo deles, o preço etc.
- Em parceria com a Petrobras e o Instituto Nacional de Tecnologia (INT), foram investidos R\$ 10 milhões na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) no projeto Fabricação Digital, que busca o desenvolvimento de produtos e protótipos para a indústria brasileira, com foco no setor de óleo e gás.<sup>30</sup>
- Indução de novos desenvolvimentos, como o caso do *remotely operated underwater vehicle* (ROV), com elevado conteúdo local. Esses robôs são amplamente utilizados na indústria de P&G para realizar e supervisionar a montagem de equipamentos de exploração e produção em grandes profundidades. Os microsubmarinos operados por controle remoto são importantes por serem pequenos e proporcionarem movimentos perfeitos ao navegarem pelo fundo do mar.<sup>31</sup>
- Projeto estruturante: Sistema Integrado de Produção Submarina (SIPS). Trata-se de um projeto que existe na Noruega e que consiste em retirar equipamentos da plataforma e levá-los para o fundo do mar. A Rússia é um exemplo de país que tem projeto semelhante, objetivando levar as plataformas

---

<sup>30</sup> Esse projeto faz uso de processos que congregam tecnologias de comando numérico computadorizado (CNC) e manufatura aditiva para o desenvolvimento de modelos e produtos em materiais diversos, como plásticos, compósitos e metais. A utilização de *softwares* CAD ou de processo de digitalização por meio de *scanner* 3D possibilita a construção de geometrias complexas, sem a necessidade de moldes ou matrizes.

<sup>31</sup> Um trabalho realizado pela Onip identificou todos os componentes que poderiam ser feitos no Brasil, bem como o grau de esforço envolvido nisso. O Brasil tem alta dependência de equipamentos importados (fabricou dois modelos no passado), mas há elevado potencial de nacionalização para esses equipamentos que conferem margens altas aos fabricantes e são muito intensivos em tecnologia.

para baixo de extensas camadas de gelo. Várias agências brasileiras precisarão estar envolvidas para esse processo avançar. Dominar a tecnologia de fundo do mar é algo extremamente relevante para o Brasil.

## Anderson Santanna – Petrobras

- Existem diversos modelos e formatos que variam de acordo com os parceiros envolvidos, mas o modelo mais comum de P&D envolve a Petrobras e uma empresa parceira.
- De forma estilizada, há uma dicotomia entre o centro de pesquisa, que tem verba para P&D, e a parte operacional da Petrobras, que é responsável por determinar problemas e demandar tecnologias para resolvê-los. Em diversos casos, o centro de pesquisa envolve-se com empresas ou outros operadores que possuem alguma tecnologia já em nível de maturidade mais elevada.
- Comumente, essas empresas são multinacionais da área de óleo e gás, que estão desenvolvendo tecnologia que ainda precisa ser aplicada e a Petrobras é um grande cliente potencial para aplicar tecnologias.
- Esse modelo ainda é utilizado, mas tem havido maior demanda por desenvolvimento usando, principalmente, a verba de participação especial da ANP.<sup>32</sup>

---

32 A ANP permite a utilização de verbas de participação especial para pesquisa e desenvolvimento de tecnologias. Trata-se de uma obrigação definida por lei, determinando que as concessionárias do setor apliquem o equivalente a 1% da receita de cada campo produtor em P&D (como referência, há mais de R\$ 1 bilhão por ano). Assim, a Petrobras participa do processo juntamente com ICTs, em especial algumas universidades que já possuem centro de desenvolvimento com o qual a Petrobras tem parceria.

- A partir de 2016, após alterações normativas, a Petrobras passou a utilizar essas verbas com outras empresas para fomentar o desenvolvimento de tecnologias. De todo modo, ainda há um *gap* importante em fases arriscadas do desenvolvimento tecnológico (“vale da morte”), já que há certo limite até onde é possível as universidades chegarem e a partir do qual as empresas ainda se ressentem de assumir a responsabilidade pelo desenvolvimento de tecnologias.
- Destaque-se o projeto bem-sucedido em parceria com a Universidade Federal de Itajubá (Unifei) e a Delp, para desenvolvimento de centrífuga de fluxo contínuo para a limpeza de águas oleosas.
  - De 1996 a 2004, houve parceria Petrobras-Unifei no desenvolvimento de separadores aplicados ao processamento de petróleo (TRLs 1, 2 e 3), utilizando princípio centrífugo para separar óleo e água.
  - Entre 2005 e 2011, foram realizadas, sem sucesso, diversas tentativas de envolver fornecedores tradicionais de equipamentos centrífugos.
  - Apenas em 2012, foi realizada uma parceria tripartite entre Petrobras, Unifei e Delp com transferência de *know-how* para a Delp (TRLs 4, 5 e 6) e com o objetivo de desenvolver o produto em escala industrial. Para o ano de 2017, espera-se a conclusão dos testes de campo e validação da tecnologia (TRL 9).

## PROGRAMA

<b>09:00</b>	<b>CAFÉ DA MANHÃ</b>
	<b>ABERTURA</b>
	Maria Sílvia Bastos Marques – Presidente do BNDES
<b>09:30</b>	Cláudia Prates – Diretora do BNDES
	Marcos Vinícius de Souza – Secretário de Inovação do MDIC
	João Emílio Gonçalves – Gerente-executivo da Unidade de Políticas Industriais da CNI
	Bernardo Gradin – MEI / Presidente da GranBio
<b>10:30</b>	<b>INTERVALO</b>
	<b>MESA 1: POLÍTICA INDUSTRIAL E DE INOVAÇÃO</b>
	MODERADOR: Cláudio Leal – Superintendente do BNDES
<b>10:45</b>	Mariano Laplane – Presidente do CGEE
	Glauco Arbix – USP / Consultor ABDI para Manufatura Avançada
	Carlos Américo Pacheco – Diretor-presidente da Fapesp
	<b>MESA 2: EXPERIÊNCIAS EM MANUFATURA AVANÇADA</b>
	MODERADOR: Luiz Daniel Willcox – BNDES
<b>12:00</b>	David Kupfer – Professor do Instituto de Economia da UFRJ
	Eduardo Zancul – Professor da Escola Politécnica da USP
	João Emílio Gonçalves – Gerente executivo da Unidade de Políticas Industriais da CNI
<b>13:15</b>	<b>ALMOÇO</b>
	<b>MESA 3: INFRAESTRUTURA DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIAS HABILITADORAS</b>
	MODERADOR: Ana Costa – BNDES
	Herman Lepikson – Diretor do Senai Cimatec
<b>14:30</b>	Jorge Vicente Lopes – Chefe da Divisão de Tecnologias Tridimensionais do CTI
	Renato Archer
	Antonio José Roque da Silva – Diretor do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron do CNPEM
	Anderson Borille – Centro de Competência em Manufatura do ITA
<b>15:45</b>	<b>INTERVALO</b>

---

**MESA 4: PERSPECTIVAS SETORIAIS EM MANUFATURA AVANÇADA**

---

MODERADOR: Bruno Platteck de Araújo – BNDES

João Carlos Zerbini – Gerente de Automação Industrial da Embraer

Fernando Ferraz – Vice-presidente de Operações da Akaer

**16:00** José Bittencourt – Lead Research Engineer, Smart Systems CoE da GE

Douglas Alcântara – Gerente de Engenharia de Produtos da Romi

Claudio Moneda – Products Sales and Execution Manager da Comau

Carlos Camerini – Superintendente de Tecnologia da Onip

Anderson Santanna – Gerente de Tecnologia de Processamento Primário da Petrobras

---

**ENCERRAMENTO**

---

**18:00** Maurício Neves – Superintendente do BNDES

---

Esta obra foi editada pelo Departamento de Comunicação e Difusão  
de Conhecimento do BNDES em fonte Cormorant Garamond e impressa  
pela Edigráfica em *offset* sobre papel pólen soft, em 2017.